

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

50345-076
December 11, 2000

KATO et al.

McDermott, Will & Emery

JC953 U.S. PTO
09/732725
12/11/00


別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 1999年12月13日

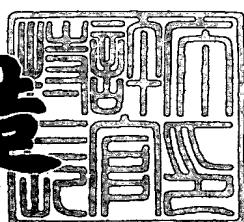
出願番号
Application Number: 平成11年特許願第353270号

出願人
Applicant(s): 住友電気工業株式会社

2000年 9月18日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3073692

【書類名】 特許願
【整理番号】 099Y0414
【提出日】 平成11年12月13日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 6/00
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 加藤 考利
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 大西 正志
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社 横浜製作所内
【氏名】 久保 祐二
【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100088155
【弁理士】
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹
【選任した代理人】
【識別番号】 100089978
【弁理士】
【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908938

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長帯域 $1.45\text{ }\mu\text{m}$ において波長分散が負であり、波長 $1.45\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散が $-1\text{--}7\text{ ps/nm/km}$ であり、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散が $-5\text{--}12\text{ ps/nm/km}$ であり、波長 $1.62\text{ }\mu\text{m}$ における波長分散が $-6\text{--}17\text{ ps/nm/km}$ であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープが負であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項3】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープが $-0.01\text{--}0.08\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であることを特徴とする請求項2記載の光ファイバ。

【請求項4】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積が $40\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項5】 波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積が $45\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする請求項4記載の光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長多重伝送システムにおける光伝送路等として用いるのに好適な光ファイバに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

波長多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）伝送システムは、多波長の信号光を用いて光通信を行うことで、高速・大容量の情報を伝送することができる。このようなWDM伝送システムでは、非線形光学現象の発生の抑制および信号光波長帯域の広帯域化が重要な課題となっている。

【0003】

例えば、特開平11-281840号公報に開示された光ファイバは、一般に

O H吸収による伝送損失の増加が認められる波長1. 38 μm付近に零分散波長を有しており、波長1. 3 μm帯では波長分散が負であり、波長1. 55 μm帯では波長分散が正である。したがって、この光ファイバは、波長1. 3 μm帯および波長1. 55 μm帯それぞれの信号光を用いれば、非線形光学現象の1種である四光波混合の発生を抑制することができ、且つ、信号光波長帯域の広帯域化を図ることができる。以下では、この光ファイバを「1. 38 μm零分散光ファイバ」と呼ぶ。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記の1. 38 μm零分散光ファイバは、Sバンド（波長帯域1. 45～1. 53 μm）、Cバンド（波長帯域1. 53～1. 56 μm）およびLバンド（波長帯域1. 56～1. 62 μm）を含む広い波長帯域（1. 45～1. 62 μm）で波長分散が正である。したがって、この1. 38 μm零分散光ファイバの波長分散を補償するには、これらの3つのバンドに亘って波長分散が負である分散補償光ファイバが必要となる。しかし、従来の分散補償光ファイバは、Cバンドで分散補償するよう設計されたものであって、これらの3つのバンドを含む広い波長帯域で分散補償するよう設計されてはいない。すなわち、3つのバンドを含む広い波長帯域において1. 38 μm零分散光ファイバの波長分散を1本の分散補償光ファイバで補償することはできない。

【0005】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、波長帯域1. 45～1. 62 μmにおいて1. 38 μm零分散光ファイバの波長分散を補償することができる光ファイバを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光ファイバは、波長帯域1. 45～1. 62 μmにおいて波長分散が負であり、波長1. 45 μmにおける波長分散が $-1 \sim -7 \text{ ps/nm/km}$ であり、波長1. 55 μmにおける波長分散が $-5 \sim -12 \text{ ps/nm/km}$ であり、波長1. 62 μmにおける波長分散が $-6 \sim -17 \text{ ps/nm/km}$ で

あることを特徴とする。この光ファイバは、波長帯域 $1.45 \sim 1.62 \mu\text{m}$ において、 $1.38 \mu\text{m}$ 零分散光ファイバの波長分散と異なる符号の波長分散を有しているので、 $1.38 \mu\text{m}$ 零分散光ファイバの波長分散を補償することができる。

【0007】

また、本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における分散スロープが負であることを特徴とする。特に、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における分散スロープが $-0.01 \sim -0.08 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であることを特徴とする。この場合には、本発明に係る光ファイバは、波長帯域 $1.45 \sim 1.62 \mu\text{m}$ において、 $1.38 \mu\text{m}$ 零分散光ファイバの分散スロープと異なる符号の分散スロープを有しているので、 $1.38 \mu\text{m}$ 零分散光ファイバの分散を補償する上で好適である。

【0008】

また、本発明に係る光ファイバは、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における実効断面積が $40 \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする。特に、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における実効断面積が $45 \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする。この場合には、実効断面積が大きいので、四光波混合の発生を抑制する上で好適である。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0010】

図1は、本実施形態に係る光ファイバを説明する図である。この図に示すように、本実施形態に係る光ファイバは、Sバンド、CバンドおよびLバンドを含む広い波長帯域 $1.45 \sim 1.62 \mu\text{m}$ において波長分散が負である。そして、本実施形態に係る光ファイバは、波長 $1.45 \mu\text{m}$ における波長分散が $-1 \sim -7 \text{ ps/nm/km}$ であり、波長 $1.55 \mu\text{m}$ における波長分散が $-5 \sim -12 \text{ ps/nm/km}$ であり、波長 $1.62 \mu\text{m}$ における波長分散が $-6 \sim -17 \text{ ps/nm/km}$ である。本実施形態に係る光ファイバは、波長帯域 $1.45 \sim 1.62 \mu\text{m}$ で、波長 $1.38 \mu\text{m}$ 付近に零分散波長を有する $1.38 \mu\text{m}$ 零分散光

ファイバの波長分散を補償することができる。

【0011】

特に、本実施形態に係る光ファイバは、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープが負であるのが好適であり、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープが $-0.01 \sim -0.08\text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であるのが更に好適である。この場合には、本実施形態に係る光ファイバは、 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ 零分散光ファイバの波長分散を、より充分に補償することができる。

【0012】

また、本実施形態に係る光ファイバは、四光波混合の発生を抑制する上では、実効断面積が大きいのが好適である。したがって、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積は、 $40\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であるのが好適であり、 $45\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上であるのがより好適である。

【0013】

図2は、本実施形態に係る光ファイバの屈折率プロファイルの好適な1例を示す図である。光軸中心を含み屈折率 n_1 を有する第1コア領域と、第1コア領域を取り囲み屈折率 n_2 を有する第2コア領域と、第2コア領域を取り囲み屈折率 n_3 を有する第3コア領域と、第3コア領域を取り囲み屈折率 n_4 を有する内クラッド領域と、内クラッド領域を取り囲み屈折率 n_5 を有する内クラッド領域とを有する。各屈折率の大小関係は、

$$n_1 > n_2 \quad \dots (1a)$$

$$n_2 < n_3 \quad \dots (1b)$$

$$n_3 > n_4 \quad \dots (1c)$$

$$n_4 < n_5 \quad \dots (1d)$$

である。ここで、第1コア領域の外径を $2a$ と表し、第2コア領域の外径を $2b$ と表し、第3コア領域の外径を $2c$ と表し、内クラッド領域の外径を $2d$ と表す。外クラッド領域の屈折率 n_5 を基準として、第1コア領域の比屈折率差を Δn_1 と表し、第2コア領域の比屈折率差を Δn_2 と表し、第3コア領域の比屈折率差を Δn_3 と表し、内クラッド領域の比屈折率差を Δn_4 と表す。

【0014】

次に、本実施形態に係る光ファイバの実施例について説明する。図3は、各実施例の光ファイバの諸元を纏めた図表である。各実施例の光ファイバは、図2に示した屈折率プロファイルを有する。なお、2mカットオフ波長は、長さ2mの光ファイバを半径140mmでゆるく1回巻き付けた状態でのLP₁₁モードのカットオフ波長として定義される。

【0015】

実施例1の光ファイバでは、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は0.61%であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は-0.10%であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は0.22%であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は-0.10%である。第1コア領域の外径2aは5.1μmであり、第2コア領域の外径2bは16.5μmであり、第3コア領域の外径2cは28.3μmであり、内クラッド領域の外径2dは42.2μmである。

【0016】

この実施例1の光ファイバの諸特性を評価したところ、波長分散は、波長1.45μmで-5.1ps/nm/kmであり、波長1.55μmで-8.4ps/nm/kmであり、波長1.62μmで-13.0ps/nm/kmである。波長1.55μmにおいて、分散スロープは-0.061ps/nm²/kmであり、実効断面積は42.5μm²であり、直径32mmΦでの曲げ損失は0.03dB/ターンである。2mカットオフ波長は2.02μmである。

【0017】

実施例2の光ファイバでは、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は0.61%であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は-0.10%であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は0.17%であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は-0.10%である。第1コア領域の外径2aは4.9μmであり、第2コア領域の外径2bは15.2μmであり、第3コア領域の外径2cは27.5μmであり、内クラッド領域の外径2dは41.0μmである。

【0018】

この実施例2の光ファイバの諸特性を評価したところ、波長分散は、波長1.45μmで-6.7ps/nm/kmであり、波長1.55μmで-8.0ps

/ nm/km であり、波長 $1.62 \mu\text{m}$ で -9.7 ps/nm/km である。波長 $1.55 \mu\text{m}$ において、分散スロープは $-0.025 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、実効断面積は $42.5 \mu\text{m}^2$ であり、直径 $3.2 \text{ mm}\phi$ での曲げ損失は 0.09 dB/ターン である。2 mカットオフ波長は $1.69 \mu\text{m}$ である。

【0019】

実施例3の光ファイバでは、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は 0.60% であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は -0.08% であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は 0.18% であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は -0.08% である。第1コア領域の外径 $2a$ は $4.9 \mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径 $2b$ は $15.2 \mu\text{m}$ であり、第3コア領域の外径 $2c$ は $27.6 \mu\text{m}$ であり、内クラッド領域の外径 $2d$ は $41.2 \mu\text{m}$ である。

【0020】

この実施例3の光ファイバの諸特性を評価したところ、波長分散は、波長 $1.45 \mu\text{m}$ で -9.0 ps/nm/km であり、波長 $1.55 \mu\text{m}$ で -11.2 ps/nm/km であり、波長 $1.62 \mu\text{m}$ で -12.1 ps/nm/km である。波長 $1.55 \mu\text{m}$ において、分散スロープは $-0.025 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ であり、実効断面積は $46.8 \mu\text{m}^2$ であり、直径 $3.2 \text{ mm}\phi$ での曲げ損失は 0.08 dB/ターン である。2 mカットオフ波長は $1.86 \mu\text{m}$ である。

【0021】

実施例4の光ファイバでは、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は 0.51% であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は -0.08% であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は 0.23% であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は -0.08% である。第1コア領域の外径 $2a$ は $5.5 \mu\text{m}$ であり、第2コア領域の外径 $2b$ は $17.9 \mu\text{m}$ であり、第3コア領域の外径 $2c$ は $27.9 \mu\text{m}$ であり、内クラッド領域の外径 $2d$ は $41.6 \mu\text{m}$ である。

【0022】

この実施例4の光ファイバの諸特性を評価したところ、波長分散は、波長 $1.45 \mu\text{m}$ で -5.4 ps/nm/km であり、波長 $1.55 \mu\text{m}$ で -8.3 ps/nm/km であり、波長 $1.62 \mu\text{m}$ で -9.1 ps/nm/km である。波

長 $1.55\mu m$ において、分散スロープは $-0.030\text{ p s/n m}^2/\text{km}$ であり、実効断面積は $56.5\mu m^2$ であり、直径 $32\text{ mm}\phi$ での曲げ損失は 0.040 dB/ターン である。2mカットオフ波長は $1.97\mu m$ である。

【0023】

実施例5の光ファイバでは、第1コア領域の比屈折率差 Δn_1 は 0.62% であり、第2コア領域の比屈折率差 Δn_2 は -0.08% であり、第3コア領域の比屈折率差 Δn_3 は 0.17% であり、内クラッド領域の比屈折率差 Δn_4 は -0.08% である。第1コア領域の外径 $2a$ は $4.8\mu m$ であり、第2コア領域の外径 $2b$ は $15.8\mu m$ であり、第3コア領域の外径 $2c$ は $27.1\mu m$ であり、内クラッド領域の外径 $2d$ は $40.4\mu m$ である。

【0024】

この実施例5の光ファイバの諸特性を評価したところ、波長分散は、波長 $1.45\mu m$ で -6.3 p s/n m/km であり、波長 $1.55\mu m$ で -6.4 p s/n m/km であり、波長 $1.62\mu m$ で -7.1 p s/n m/km である。波長 $1.55\mu m$ において、分散スロープは $-0.011\text{ p s/n m}^2/\text{km}$ であり、実効断面積は $42.1\mu m^2$ であり、直径 $32\text{ mm}\phi$ での曲げ損失は 0.05 dB/ターン である。2mカットオフ波長は $1.67\mu m$ である。

【0025】

実施例1～5の何れの光ファイバも、波長帯域 $1.45\sim 1.62\mu m$ において波長分散が負であり、波長 $1.45\mu m$ における波長分散が $-1\sim -7\text{ p s/n m/km}$ であり、波長 $1.55\mu m$ における波長分散が $-5\sim -12\text{ p s/n m/km}$ であり、波長 $1.62\mu m$ における波長分散が $-6\sim -17\text{ p s/n m/km}$ である。また、実施例1～5の何れの光ファイバも、波長 $1.55\mu m$ における分散スロープが $-0.01\sim -0.08\text{ p s/n m}^2/\text{km}$ であり、波長 $1.55\mu m$ における実効断面積が $40\mu m^2$ 以上である。特に、実施例3および4それぞれの光ファイバは、波長 $1.55\mu m$ における実効断面積が $45\mu m^2$ 以上である。

【0026】

図4は、実施例1の光ファイバおよび $1.38\mu m$ 零分散光ファイバそれぞれ

の波長分散の波長依存性を示すグラフである。実施例1の光ファイバおよび1.38 μm零分散光ファイバそれぞれは、波長帯域1.45～1.62 μmで、波長分散が互いに異なる符号であり、分散スロープも互いに異なる符号である。したがって、これら2種の光ファイバを長さ比1：1で組み合わせることで、波長帯域1.45～1.62 μmで、全体の平均波長分散の絶対値を小さくすることができ、累積分散量の絶対値を小さくすることができる。

【0027】

図5は、実施例4の光ファイバおよび1.38 μm零分散光ファイバそれぞれの波長分散の波長依存性を示すグラフである。実施例4の光ファイバおよび1.38 μm零分散光ファイバそれぞれは、波長帯域1.45～1.62 μmで、波長分散が互いに異なる符号であり、この波長帯域の殆どで分散スロープも互いに異なる符号である。したがって、これら2種の光ファイバを長さ比1：1で組み合わせることで、波長帯域1.45～1.62 μmで、全体の平均波長分散の絶対値を小さくすることができ、累積分散量の絶対値を小さくすることができる。

【0028】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、本実施形態に係る光ファイバは、実施例1～5のものに限られることなく、他の設計も可能である。

【0029】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る光ファイバは、波長帯域1.45～1.62 μmにおいて波長分散が負であり、波長1.45 μmにおける波長分散が-1～-7 ps/nm/kmであり、波長1.55 μmにおける波長分散が-5～-12 ps/nm/kmであり、波長1.62 μmにおける波長分散が-6～-17 ps/nm/kmである。このことから、本発明に係る光ファイバは、波長帯域1.45～1.62 μmにおいて、1.38 μm零分散光ファイバの波長分散と異なる符号の波長分散を有しているので、1.38 μm零分散光ファイバの波長分散を補償することができる。

【0030】

また、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープが負であるのが好適であり、特に、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における分散スロープが $-0.01 \sim -0.08\text{ ps/nm}^2$ であるのが好適である。この場合には、本発明に係る光ファイバは、波長帯域 $1.45 \sim 1.62\text{ }\mu\text{m}$ において、 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ 零分散光ファイバの分散スロープと異なる符号の分散スロープを有しているので、 $1.38\text{ }\mu\text{m}$ 零分散光ファイバの波長分散を補償する上で好適である。

【0031】

また、波長 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ における実効断面積が $4.0\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上（より好適には $4.5\text{ }\mu\text{m}^2$ 以上）である場合には、実効断面積が大きいので、四光波混合の発生を抑制する上で好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係る光ファイバを説明する図である。

【図2】

本実施形態に係る光ファイバの屈折率プロファイルの好適な1例を示す図である。

【図3】

各実施例の光ファイバの諸元を纏めた図表である。

【図4】

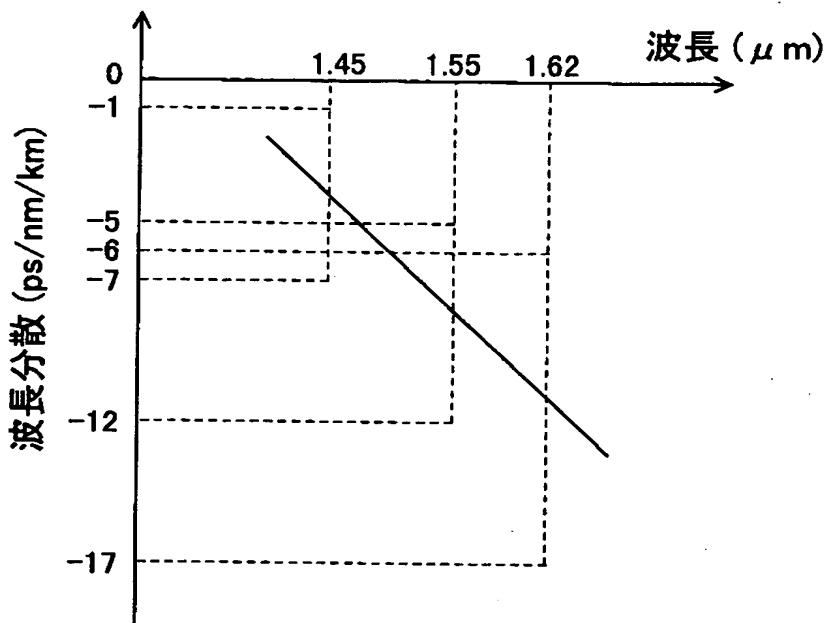
実施例1の光ファイバおよび $1.38\text{ }\mu\text{m}$ 零分散光ファイバそれぞれの波長分散の波長依存性を示すグラフである。

【図5】

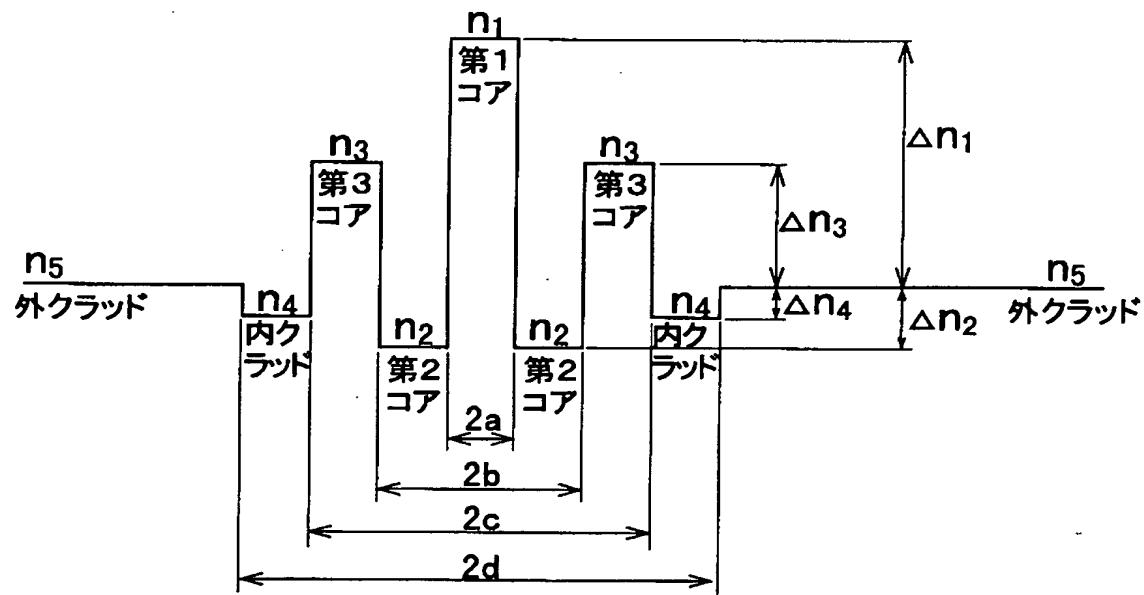
実施例4の光ファイバおよび $1.38\text{ }\mu\text{m}$ 零分散光ファイバそれぞれの波長分散の波長依存性を示すグラフである。

【書類名】 図面

【図1】



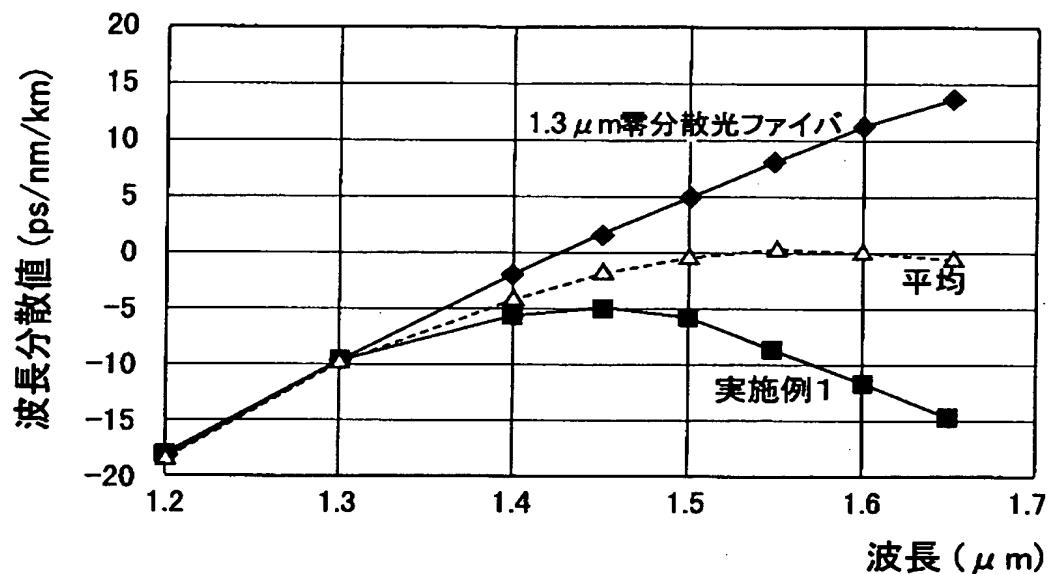
【図2】



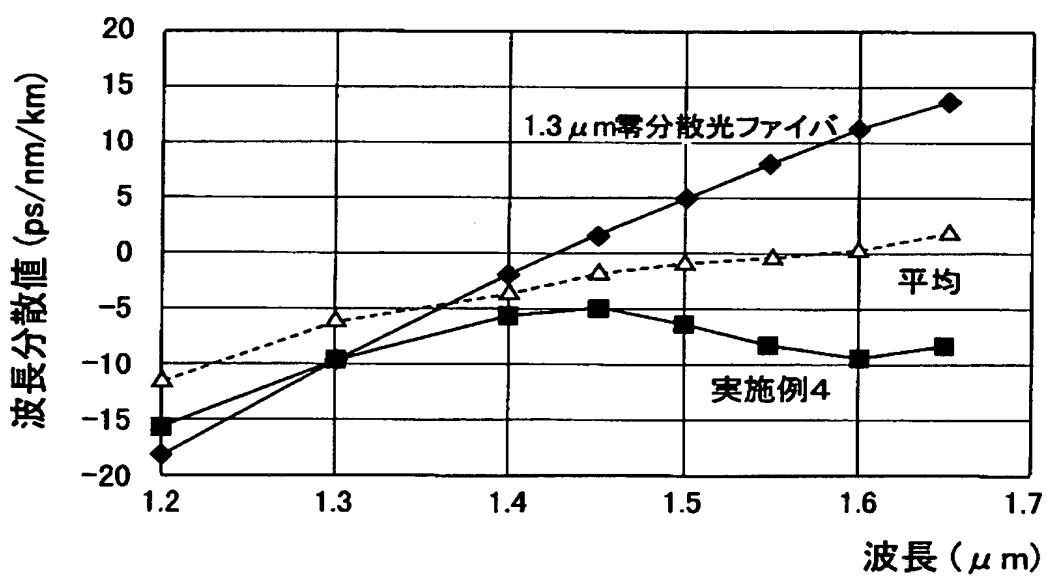
【図3】

実施例	1	2	3	4	5
Δn_1 (%)	0.61	0.61	0.60	0.51	0.62
Δn_2 (%)	-0.10	-0.10	-0.08	-0.08	-0.08
Δn_3 (%)	0.22	0.17	0.18	0.23	0.17
Δn_4 (%)	-0.10	-0.10	-0.08	-0.08	-0.08
2a (μm)	5.1	4.9	4.9	5.5	4.8
2b (μm)	16.5	15.2	15.2	17.9	15.8
2c (μm)	28.3	27.5	27.6	27.9	27.1
2d (μm)	42.2	41.0	41.2	41.6	40.4
波長分散 (ps/nm/km)					
@1.45 μm	-5.1	-6.7	-9.0	-5.4	-6.3
@1.55 μm	-8.4	-8.0	-11.2	-8.3	-6.4
@1.62 μm	-13.0	-9.7	-12.1	-9.1	-7.1
分散スロープ @1.55 μm (ps/nm ² /km)	-0.061	-0.025	-0.025	-0.030	-0.011
実効断面積 @1.55 μm (μm^2)	42.5	42.5	46.8	56.5	42.1
32mmφ曲げ損失 @1.55 μm (dB/ターン)	0.03	0.09	0.08	0.40	0.05
2mカットオフ波長(μm)	2.02	1.69	1.86	1.97	1.67

【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 波長帯域 $1.45 \sim 1.62 \mu m$ において $1.38 \mu m$ 零分散光ファイバの波長分散を補償することができる光ファイバを提供する。

【解決手段】 本発明に係る光ファイバは、波長帯域 $1.45 \sim 1.62 \mu m$ において波長分散が負であり、波長 $1.45 \mu m$ における波長分散が $-1 \sim -7 ps/nm/km$ であり、波長 $1.55 \mu m$ における波長分散が $-5 \sim -12 ps/nm/km$ であり、波長 $1.62 \mu m$ における波長分散が $-6 \sim -17 ps/nm/km$ である。また、好適には、波長 $1.55 \mu m$ における分散スロープが負であり、波長 $1.55 \mu m$ における分散スロープが $-0.01 \sim -0.08 ps/nm^2/km$ であり、波長 $1.55 \mu m$ における実効断面積が $40 \mu m^2$ 以上（より好適には $45 \mu m^2$ 以上）である。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000002130]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
氏 名 住友電気工業株式会社